第21卷 第1期 1978年2月
昆虫学报
ACTA ENTOMOLOGICA SINICA
Vol. 21, No. 1 February, 1978

夜蛾趋光特性的研究：烟青虫成虫对双色光与光强度的反应

丁岩钦
（中国科学院动物研究所）

从过去的研究，我们已初步明确了烟青虫（*Heliothis assulta* Guenée）成虫对于各单色光的趋光反应，即从紫外光谱的333毫微米到可见光谱656毫微米的范围内，它对波长的反应曲线最高峰值为333毫微米（丁岩钦等，1974）。烟青虫成虫对双色光与光强度的趋光反应的研究是上述工作的继续，目的是企图对夜蛾成虫的趋光行为特性有进一步的了解。

一、烟青虫成虫对双色光的反应

（一）实验方法

在波长选择器的两端诱室中，分别装有350毫微米干涉滤光片与350毫微米干涉滤光片加另一波长的干涉滤光片，以350毫微米一端为对照，以便比较烟青虫成虫对双色光的反应。

试验材料、测验步骤以及光源与强度测量均与烟青虫成虫对单色光的试验同（丁岩钦等，1974）。

（二）结果分析

可见光各波长在双色光中对烟青虫成虫的作用：我们将一个350毫微米的波长光源上分别加上同能量的8个从405—656毫微米可见光与另一对照的350毫微米光进行诱集比较。结果见表1。

若表1中对照组350毫微米光的诱集量（$N\lambda_{350}$）为1.00，与各个可见光对应组进行比

表1 不同波长与350毫微米组成的双色光对烟青虫成虫趋光率比较

试验虫数	重复次数	总虫数	总活动率(%)	总反应率(%)	350毫微米与350毫微米加另一波长下诱集蛾数			
					波长(毫微米)	平均每次诱集蛾数	波长(毫微米)	平均每次诱集蛾数
15	4	60	73.3	63.3	350	4.00±0.18	350+405	5.50±0.08
15	4	60	71.6	66.6	350	4.50±0.10	350+436	5.50±0.13
15	4	60	68.3	43.3	350	3.00±0.10	350+466	3.50±0.15
15	4	60	80.0	68.3	350	5.00±0.06	350+491	5.25±0.08
15	4	60	73.3	51.6	350	4.00±0.12	350+535	4.25±0.14
15	4	60	65.0	53.3	350	4.25±0.15	350+578	3.75±0.05
15	4	60	70.0	58.3	350	5.50±0.15	350+625	3.25±0.20
15	4	60	76.6	66.6	350	7.25±0.14	350+656	2.75±0.28
15	4	60	61.6	46.6	350	2.75±0.15	350+350	4.25±0.18

较($N\lambda_{(350+i)}/N\lambda_{350}$), 即制成图 1。从图1可以清晰地看出, 405 毫微米加 350 毫微米, 436 毫微米加 350 毫微米的双色光相对诱集量分别高出对照组 1.4、1.2 倍。而 578 毫微米加 350毫微米、625 毫微米加 350 毫微米、656 毫微米加 350 毫微米的双色光相对诱集量较对照组显著减少。在 656 毫微米加 350 毫微米的双色光中,对照组诱集量可高出双色光 2.6 倍。

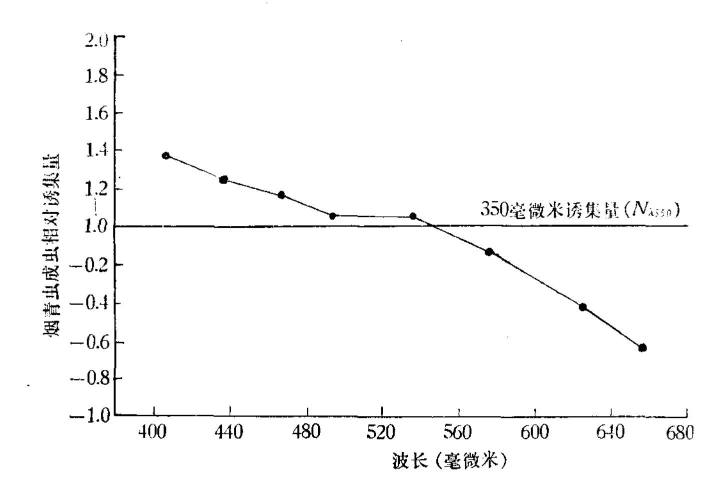


图 1 350 毫微米加各可见光波长的诱集量与 350 毫微米的诱集量比较($N\lambda_{(350+i)}/N\lambda_{350}$)

这说明在 350 毫微米与各可见光波长结合时, 405 毫微米、436 毫微米有增效作用, 而 578—656 毫微米有干扰驱避作用。

二、烟青虫成虫对光强度的反应

昆虫对于波长的反应不可能与光强度的反应分开,因为两者之间彼此有密切的关系。当任何两个波长对诱集量相等时, 则光强度即成为被选择的主要作用因素。因此在研究昆虫趋光特性时,光强度与波长应认为是彼此不可分割的部分。

(一) 实验方法

烟青虫成虫对光强度反应的实验, 亦在波长选择器内进行, 利用两端的诱集室, 一个控制不同光强度,另一个无光,但试验时打开闸门以作对照。

光强度的光源分单色光与黑光灯两类, 单色光有 333、350、491、656 毫微米。

各单色光总能量的测定与烟青虫成虫对单色光试验的方法同(丁岩钦等, 1974), 测定位置是在昆虫暗适应阶段的单室内进行。

黑光灯总能量的测定, 系用真空热电偶串连一个电位差计在光源附近的透光孔处测得。

光强度的调节,系用中性滤光片及紫外玻璃,它们的单个的及组合的透光率在紫外部分系用光电倍增管串连一检流计测得。

试验材料与测验步骤同前。

(二) 结果分析

1. 烟青虫成虫对不同光强度的趋光反应

根据我们用连续光谱的黑光灯或各单色光对烟青虫成虫在不同光强度下的趋光反应的试验结果表明：

光强度对烟青虫成虫的作用不呈直线或抛物线关系，而呈 S 形曲线关系。当烟青虫成虫在能感到的微弱光强度下，趋光率很低，随着光强度的增加，趋光率也增加，但两者之间不成比例关系。当光强度增加超过某一阈值时，烟青虫成虫趋光率迅速上升，几呈直线关系，但当光强度继续增加，超过另一光强度点时，趋光率增长即显著缓慢，即使再增加光强度，趋光率亦不再增加，最后趋于恒定（见图 2）。

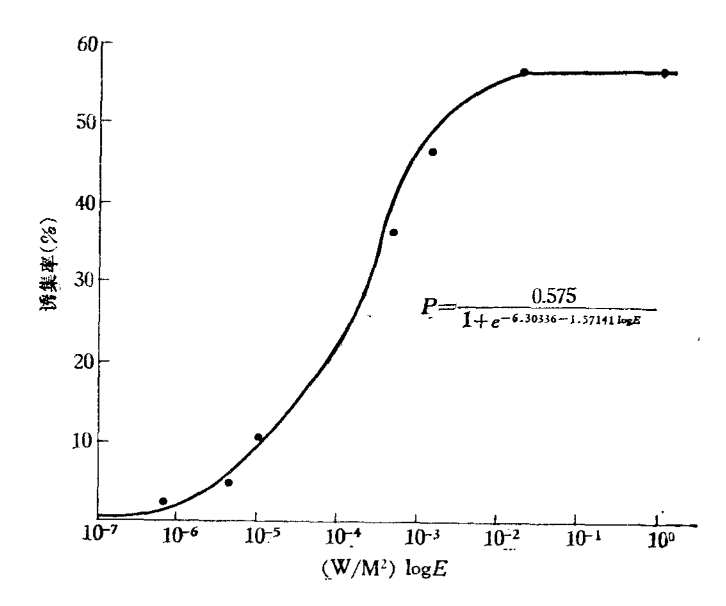


图 2　不同光强度与烟青虫成虫的趋光作用关系

这样，烟青虫成虫在不同光强度下的趋光率明显地表现出两个转折点，下面的转折点，我们称它为趋光的最低灵敏阈值，上面的转折点我们称它为趋光的最高极限值。这两个转折点对研究夜蛾趋光特性及夜蛾的夜视觉功能有一定的意义。

2. 烟青虫成虫在不同光强度下趋光反应曲线的数学模式

我们根据烟青虫成虫对不同光强度的反应曲线（图 2），提出两点假设：

（1）烟青虫成虫对单色光或连续光的光强度的选择，均分别各自有其每种光的内在的最高趋光反应率，和最低灵敏阈值、最高极限值。

（2）烟青虫成虫对光强度的选择，在最低灵敏阈值与最高极限值之间，是与光强度的对数值成直线关系，即：

$$P = a\log E + C$$

若低于或超过这些范围时，趋光率即显著减低，最后趋于一常数。

根据上述两点假设，应用 logistic 原理，提出烟青虫成虫趋光反应与不同光强度关系的数学模式如下：

$$P = \frac{R}{1 + e^{a+b\log E}} = \frac{P_{max}}{1 + e^{a+b\log E}}$$

$P = n/N$，为不同光强度下的烟青虫成虫趋光反应率

N——试验总虫数

n——趋光虫数

$\log E$——光强度的对数值

$R = P_{max}$，为内在的最高趋光率

a，b 为常数

兹以烟青虫成虫在不同光强度的黑光灯光源诱集下的趋光率为例：

烟青虫成虫不同光强度的趋光率（P）资料，见表 2 中第 1、4 列。

应用上式：

R 值可用求极值法估出，为 0.575

a，b 值可用最小二乘法估出，分别为

$$a = -6.30336 \qquad b = -1.57141$$

$$P = \frac{0.575}{1 + e^{-6.30336-1.57141\log E}}$$

其理论值，见表 2 中第 7 列。

根据上式，可分别求出光强度的最低灵敏阈值为 3.2×10^{-5} 瓦/米^2，最高极限值 10^{-2} 瓦/米^2。

表 2 烟青虫成虫在不同光强度下趋光率理论值表

趋光率 (P)	$\frac{R-P}{P}$	$\log e \frac{R-P}{P}$	$\log E$ (X)	(X^2)	$X \log e \frac{R-P}{P}$	P 理论值
0.566	0.0159	−4.14144	−1.7447	3.04398	7.22557	0.559
0.467	0.2312	−1.46619	−2.9208	8.53107	4.28245	0.487
0.366	0.5710	−0.56037	−3.2840	10.78466	1.84026	0.436
0.100	4.7500	1.55814	−5.0315	25.31599	− 7.83978	0.097
0.050	10.5000	2.35138	−5.4089	29.25620	−12.71838	0.057
0.025	22.0000	3.09104	−6.2076	38.53430	−19.18794	0.018

3. 单色光的不同光强度对烟青虫成虫的趋光反应

从各单色光的不同光强度对烟青虫成虫的趋光反应曲线（图 3）中看出：

（1）333 毫微米对烟青虫成虫的诱集率，在不同光强度下均较其它毫微米的光诱集率为高。

（2）烟青虫成虫的最低灵敏阈值与最高极限值各单色光之间有明显不同。例如 333 毫微米的最低灵敏阈值为 10^{-8} 瓦/米^2，最高极限值为 3.4×10^{-6} 瓦/米^2，而 350 毫微米分别为 10^{-7} 瓦/米^2 与 5.1×10^{-4} 瓦/米^2。这样 350 毫微米分别高出 333 毫微米 1 与 2 个数量级。656 毫微米则分别高出 333 毫微米 2 个数量级以上。

通过上述光强度对烟青虫成虫的趋光反应，基本上明确了：

（1）光强度对烟青虫成虫的趋光反应关系呈 S 形曲线，并且对单色光或连续光的光

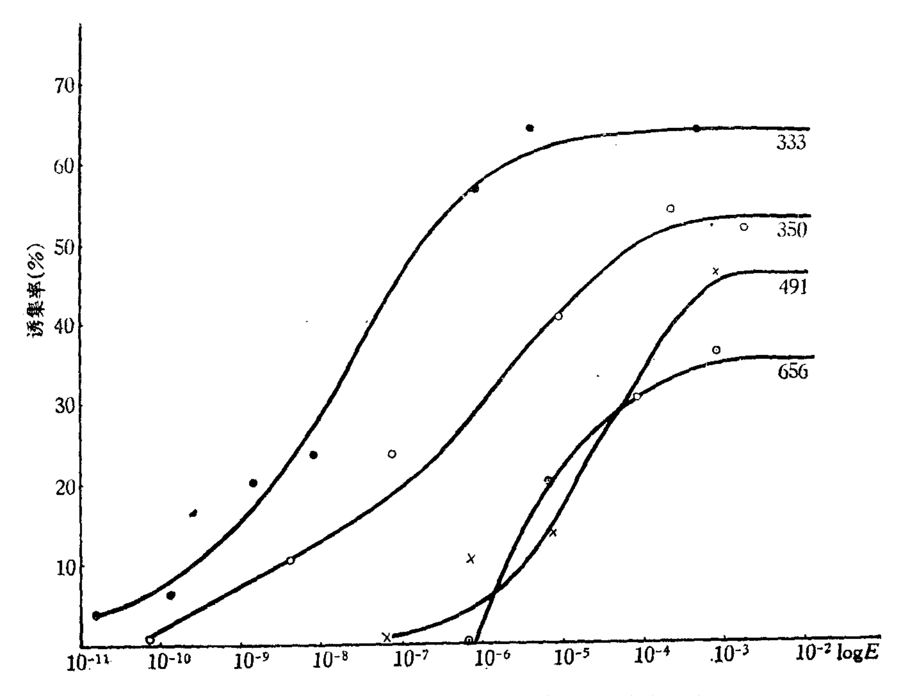


图 3　各单色光的不同光强度对烟青虫成虫的趋光作用关系

强度的选择，均分别各自有其每种光的最高极限值，如果超过这个值，即使增加几倍或更多的光强度成虫趋光反应率也不会增加。若光强度极高时，在一定空间内，可能对成虫的总活动率与总反应率出现一些抑制作用（见表 1)。

（2）333 毫微米对烟青虫成虫的诱集率，在不同光强度下均较其它毫微米的波长诱集率为高。而 333 毫微米对烟青虫成虫的最低灵敏阈值却显较其它毫微米的波长为低。

根据上述研究结果，作者认为：

1. 当紫外 350 毫微米与不同波长的可见光组合时，对烟青虫成虫的诱集具有不同的作用。例如，405 毫微米与 350 毫微米组合，405 毫微米可起增效作用，而 656 毫微米与 350 毫微米组合时，则 656 毫微米起干扰作用。并且根据表1资料，当 350 毫微米与 350＋656 毫微米，在同一空间内呈一定距离存在时，却可提高单一 350 毫微米诱室内的诱集效果。

2. 光强度对烟青虫成虫的趋光反应曲线呈 S 型，说明烟青虫成虫对光强度的选择即有其最高极限值。若超过这个值，即使增加几倍或更多的光强度，成虫趋光反应率也不会增加。若光强度极高时，在一定空间内，还可能出现对成虫的总活动率与总反应率的抑制作用。

参　考　文　献

丁岩钦等　1974　夜蛾趋光特性的研究：棉铃虫和烟青虫成虫对单色光的反应。昆虫学报 **17** (3) :307—17。

STUDIES ON THE PHOTOTACTIC BEHAVIOUR OF NOCTUID MOTHS: RESPONSES OF *HELIOTHIS ASSULTA* TO TWO MONOCHROMATIC LIGHTS AND INTENSITIES OF LIGHT

TING YEN-CHIN
(*Institute of Zoology, Academia Sinica*)

The attractiveness of 350 nm light to the adults of *Heliothis assulta* is compared with those of 350 nm light combined with each one of the 8 monochromatic lights in the range from 405 nm to 656 nm. The relative attractiveness of 350 nm combined with 436 nm and that of 350 nm combined with 405 nm are respectively about 1.2 and 1.4 times higher than that of 350 nm, and the response to 350 nm combined with 656 nm is one half lower than that of 350 nm. The results illustrate that the monochromatic lights have different effects on the attractiveness of 350 nm according to their wave lengths.

The phototactic responses to various intensities of monochromatic lights (333 nm, 350 nm, 491 nm, and 656 nm) and 20 W blacklight are studied. The important feature is that at higher and lower intensities the attractiveness rises very slowly. The responding curves of intensities of the monochromatic lights and of the blacklight are mostly similar, and both are S-shaped.

A mathematical model is put forward as

$$P = \frac{P_{max}}{1 + e^{a+b \log E}}$$

and according to the experimental data the model of blacklight is calculated as

$$P = \frac{0.575}{1 + e^{-6.30336-1.57141 \log E}}$$